

## **1.5. Енергетична концепція Сергія Подолінського у контексті розвитку низьковуглецевої економіки**

**© Іванов С. В.**

*д.е.н., професор, член-кореспондент Національної академії наук України, науковий директор,  
Міжнародний центр досліджень соціально-економічних проблем  
модернізації та розвитку кооперації, м. Полтава, Україна*

**© Перебийніс В. І.**

*д.е.н., професор, академік Академії економічних наук України,  
професор кафедри економіки підприємства та економічної кібернетики,  
Полтавський університет економіки і торгівлі, м. Полтава, Україна*

**© Гавриш В. І.**

*д.е.н., професор, завідувач кафедри тракторів та  
сільськогосподарських машин, експлуатації і технічного сервісу,  
Миколаївський національний аграрний університет, м. Миколаїв, Україна*

**© Перебийніс Ю. В.**

*викладач кафедри гуманітарних та соціально-економічних навчальних дисциплін,  
Полтавський юридичний інститут Національного юридичного університету  
ім. Ярослава Мудрого, м. Полтава, Україна*

Енергію прийнято називати царицею світу. Внаслідок існування закону збереження енергії категорія “енергія” пов’язує воедино усі явища природи. Фізичне збільшення обсягів використання енергії людством тривалий час було важливою передумовою економічного та науково-технічного прогресу. Протягом останніх двох століть в енергетиці відбуваються якісні зрушення, що супроводжуються чергуванням стрибків та еволюції: парова машина – двигун внутрішнього згорання – електродвигун. Це визначило зростання темпів заміни ручної праці машинною. Очевидно, що заощадження енергії ручної праці прямо залежить від рівня розвитку машинобудування та темпів зростання енергоозброєності праці.

Загальноісторичною тенденцією є відносне зниження використання безпосередньо доступного природного потенціалу, зокрема, вуглеводнів. Однак тип інноваційного розвитку, що орієнтується на постійне збільшення видобутку викопних енергетичних ресурсів, обмежений обсягами, доступністю і якістю їх запасів. Обмеження чи недоступність природних ресурсів, зокрема, вуглеводнів, перманентна світова енергетична та екологічні кризи кінця ХХ – початку ХІХ ст. зумовили об'єктивну необхідність переорієнтації матеріального виробництва на енергозберігаючий тип, перехід до парадигми низьковуглецевого розвитку. Зазначена проблематика розглядається в численних монографіях і статтях, обговорюється на наукових конференціях. Теоретико-методологічним і практичним аспектам низьковуглецевої економіки присвячено авторські публікації [3; 4; 9; 10; 18 – 21].

У цьому контексті привертає увагу енергетична концепція видатного мислителя ХІХ ст. Сергія Подолинського (1850 – 1891 рр.). Французький вчений Дебірре назвав Подолинського автором однієї з найновіших теорій термодинаміки. Відомий бельгійський дослідник, лауреат Нобелівської премії Ілля Пригожин зазначав, що концепція Подолинського надихнула його на власне відкриття.

Розвиваючи ідеї українського вченого, Володимир Вернадський, Костянтин Цюлковський та ін. створили вчення про ноосферу. Вернадський [1, с. 218; 2] зазначав, що енергетичну відмінність живого від мертвого можна знайти вже в працях засновників термодинаміки – у Р. Майєра, В. Томсона (лорда Кельвіна), Г. Гельмгольца, але сучасники цього не зрозуміли і не оцінили; дещо пізніше та самостійно С. Подолинський зрозумів усе значення цих ідей і намагався пристосувати їх до вивчення економічних явищ.

На переконання В. Шевчука [17], Подолинський сформував засади найважливішої економічної парадигми, фундаментальний характер якої полягає у відкритті джерела економічного буття та суспільного прогресу; він показав, що таким джерелом є сонячна енергія. Вчені [5; 8; 15; 16] Подолинського вважають засновником школи фізичної економії, фундатором енергетичного підходу до людського капіталу. Сучасні науковці визнають, що відкриття Подолинського є видатним для науки всього людства і називають його “законом Подолинського” [6]. На ідеях видатного мислителя ґрунтується навчальний посібник, підготовлений і виданий О. Кузнецовим та Б. Большаковим [7].

Сергій Подолинський народився в Київській губернії (тепер Черкаська область) у дворянській сім'ї. Він із відзнакою (золотою медаллю) закінчив природниче відділення фізико-математичного факультету Імператорського університету Святого Володимира (м. Київ), продовжив навчання на медичних факультетах Парижа і Цюриха. У м. Бреслау (нині Вроцлав, Польща) він працює у лабораторії Р. Гайденгайна, де у 1876 р. захищає докторську дисертацію з медицини.

Публікуватися С. Подолинський почав ще у 23 роки. Його перу належать статті про розвиток робітничого руху, питання здоров'я сільського населення, філософські та економічні праці. У 1877 р. він емігрує до Франції.

У 1880 р. журнал “Слово” друкує його працю “Труд человека и сохранение энергии” [13], яку також було видано у Франції, Італії, Німеччині. Його було обрано членом Французького товариства розвитку науки. У наші часи цю найголовнішу працю Подолинського було перевидано у Києві [12], Монреалі [11], Москві [14].

Вивчення наукової спадщини Подолинського дозволяє врахувати його підходи в напрацюванні енергетичної концепції, виходячи з парадигми низьковуглецевої економіки. З огляду на зазначене здійснена спроба проаналізувати погляди Подолинського на чотири проблеми (енергія, її рух і перетворення; органічне паливо та ефективність його використання; енергія як головний чинник рослинництва і тваринництва; праця людини як засіб накопичення енергії), розглянути їх актуальність для сучасних умов глобального розвитку.

Енергія, її рух і перетворення. Науковці свого часу вважали, що енергія становить суму всіх фізичних сил, що містяться у певній системі тіл, і може перебувати у формі семи різних фізичних сил: теплоти, світла, електрики, магнетизму, хімічної спорідненості, часткових сил і всесвітнього тяжіння. Спираючись на дослідження тогочасної науки, С. Подолинський [12, с. 204 – 205] звертав увагу на те, що повна енергія якоїсь системи, зокрема, всесвіту, є величиною абсолютно незмінною, а закон збереження енергії, по суті, являє собою не більше, ніж узагальнення давно відомого закону механіки.

Дослідник [12, с. 206] поділяє енергію на кінетичну і потенційну: у тих випадках, де маємо кінетичну енергію, рух безпосередньо доступний нашому відчуттю (наприклад, у воді, що тече, лавині, яка падає, паровій машині, що працює, снаряді, випущеному з гармати, у русі Місяця навколо Землі тощо). І навпаки, у потенційній енергії рух речовини, хоча й існує, ще не набрав форми, доступної нашому відчуттю, хоча й може набрати її за певних обставин. Лавина, що нависла над урвищем, парова машина, що вже нагріта, але ще не працює, заряджена гармата, їжа людини, ще не перетворена в м'язове скорочення при роботі, – ось приклади потенційної енергії.

Він пише, що планети і супутники одержують енергію від зірок (Сонця) і це з часом призведе до повсюдного вирівнювання енергії. Передача енергії супроводжується перетвореннями енергії одного роду в енергію іншого. Але не всі види енергії однаково легко перетворюються в інші. І щоразу, коли

відбувається таке перетворення, в енергії з'являється схильність переходити принаймні почасти від легко видозмінюваної форми (наприклад, руху) до форми, що видозмінюється з великими труднощами (наприклад, теплоти).

Отже, енергія всесвіту постійно переходить від легко перетворюваних форм до тривкіших, унаслідок чого можливість перетворень у ній постійно зменшується.

Посилаючись на У. Томсона, С. Подолінський робить висновок: у довгому проміжку сторіч вся енергія набуде форми, вже нездатної до перетворень, що буде складатися з теплоти, рівномірно поширеної по всьому всесвіту. У такому разі всяке життя і всякий рух, який ми відчуваємо, очевидно, повинні припинитися, оскільки відомо, що для перетворення теплоти в будь-яку іншу форму енергії необхідно мати тіла різної температури. Спрямованість світової енергії до повсюдного врівноваження вчений називає "розсіюванням енергії" [12, с. 207] (ентропією), а закон розповсюдження енергії таким же доведеним, як і закон її збереження.

Дослідник звертає увагу, що на нашій планеті джерелами енергії є енергія Сонця та власна енергія Землі, що поступово зменшується [12, с. 281]. Він аналізує використання людьми енергії обертання Землі навколо Сонця і навколо своєї осі шляхом застосування млинів, які використовують силу припливу. Людьми використовується і внутрішня теплота Землі (гарячі водні джерела) для опалення житла, приготування їжі. Важливим, на думку С. Подолінського, є господарське використання вітру, який, по суті, є не чим іншим, як наслідком прагнення до врівноваження температур.

Поза його увагою не залишилася сила водяних течій. Він [12, с. 212 – 214] зазначає, що вода, падаючи з висоти, наприклад, на колесо млина, забезпечує такий відсоток корисної роботи, якого не дає ні парова, ні електромагнітна машина, ні навіть більш вигідно влаштований організм робочої тварини чи людини. Тому не випадково дослідник [12, с. 269] визнає вітрові та водяні двигуни найкращими, оскільки вони вирізняються надзвичайно високим відсотком роботи, що забезпечується ними, бо енергія знаходиться в них уже в стадії вищої, перетворюваної енергії.

Увагу вченого привертає винахід "сонячної машини" – пристрою, що за допомогою спеціальних дзеркал, використовуючи сонячне проміння, підігріває воду і перетворює її на пару. Він вважає, що з погляду збереження енергії сонячна машина може бути найкращим механізмом із усіх винайдених на той час. Будь-яка робота, здійснена за її допомогою, становить включення зайвої кількості сонячної енергії в бюджет людства без одночасного розсіювання збереженої енергії, як це буває при роботі парової машини чи домашніх тварин. Його розрахунки [12, с. 273 – 274] свідчать про те, що яким б не було населення Землі, усі потреби в енергії цілком би задовольнялися, оскільки на кожну людину припадало б не менше однієї половини кінської сили збереженої сонячної енергії.

Дослідник приходять до висновку: сонячна енергія, яка одержується Землею, поступово зменшується. Очевидно, для того, щоб в умовах зменшення джерел енергії на земній поверхні і у найближчих шарах під нею могло відбуватися накопичення перетворюваної енергії, необхідно, щоб на земній поверхні відбувався процес збереження енергії, процес, обернений розсіюванню, або навіть процес перетворення стійкої енергії (теплоти) у вищу форму, більш перетворювану в механічний рух, потенційний чи кінетичний.

Вчений зазначає, що люди одержують на Землі енергію Сонця не в надто перетворюваному та й не занадто вже стійкому вигляді. Висока температура, світло, хімічні промені – все це такі види енергії, які, щоправда, із великою втратою на розсіювання, але все-таки частково перетворюються на земній поверхні в більш перетворювані, вищі види енергії, якими є механічна робота машини, скорочення м'язів і, напевно, психічна діяльність.

Науковець [12, с. 216 – 218] звертає увагу на значні труднощі переходу нижчих форм енергії у вищі. Він вказує на те, що відомі способи, за допомогою яких сонячна енергія може бути перетворена в механічний рух, є украй нечисленними, а запаси перетворюваної енергії в повітрі не збираються. Це відбувається через те, що в природі не існує резервуарів, які могли б самі собою наповнюватися "згушеним" повітрям, енергія якого споживалася б у міру потреби.

На думку вченого, хоча загальна кількість енергії, що одержується поверхнею Землі зсередини і від Сонця, поступово зменшується. У той же час загальна кількість енергії, накопиченої на земній поверхні, яка є в розпорядженні людства, поступово збільшується [12, с. 281]. Збільшення це відбувається під впливом праці людини і домашніх тварин.

Органічне паливо та ефективність його використання. Сергій Подолінський [12, с. 214, 225] зазначає, що джерелом утворення органічного палива (вугілля, нафти, торфу) є рослини, які в різні періоди покривали земну поверхню за допомогою енергії, що доставляється Сонцем. Енергія, збережена в кам'яному вугіллі, становить собою, по суті, лише заощаджене сонячне тепло.

Розглядаючи видобування кам'яного вугілля та торфу, вчений вказує, що енергія, що міститься в кам'яному вугіллі, перевищує щодо теплоти і роботи в 20 разів енергію, витрачену на її добування. Але він сумнівається, чи варто назвати добування і споживання кам'яного вугілля корисною працею,

чи це є розсіюванням енергії в просторі. Дослідник стурбований таким фактом: поклади кам'яного вугілля і торфу – це вже готові, накопичені запаси сонячної енергії, що при неощадливому добуванні часто занадто неощадливо споживаються, не приносячи ні під час опалення, ні під час роботи в машинах до усього того заощадження в енергії, яке вони могли б дати.

Вченого турбувала певна некоректність доточної методики підрахунку ефективності енерговикористання, адже кам'яне вугілля становить запас сонячної енергії, зібраної протягом значного періоду часу. Споживаючи вугілля у великій кількості, вводяться в бюджет прибутки старих років, які випадково зібралися, а розрахунок ведеться так, начебто людство справді зводить кінці з кінцями. Він вважає, що використання цього виду палива було б ефективним тільки тоді (“корисна праця”), коли б люди за допомогою тієї праці, що витрачається на видобування кам'яного вугілля, вміли фіксувати щорічно таку кількість сонячної енергії на земній поверхні, яка б дорівнювала енергії добутого вугілля [12, с. 262 – 263]. Дослідник помічав, як люди зі справедливим острахом дивляться на використання палива на таких засадах.

Вчений аналізує ефективність застосування техніки, вважаючи, що в ній головною складовою є не механічний інструмент (робоча машина), а двигун. Розглядаючи роботу парових двигунів та інших термічних машин, дослідник наводить такі дані: по-перше, економічний еквівалент майже всіх термічних машин значно нижчий за економічний еквівалент рухової сили води і повітря (не більший  $1/6 - 1/5$ ) [12, с. 269 – 270]; по-друге, їх справжній індустриальний еквівалент ще менший за теоретичний економічний еквівалент, бо здебільшого частина тепла, що одержується при згоранні палива, поглинається паровою машиною. На думку науковця, головною причиною неефективності парових машин є те, що при споживанні кам'яного вугілля втрати енергії завжди йдуть поруч зі збереженням. Саме це змушує із побоюванням дивитися на поширення парових машин.

Він вказує на згубний вплив парових машин у місцевостях, де немає кам'яного вугілля і шляхів сполучення для його підвезення (як це було в районах цукробурякової промисловості України). І ставить своїм сучасникам гостре запитання: чи є виробництво цукру за умови винищення лісів збереженням енергії, тобто корисною працею, чи це є швидше розсіюванням енергії в просторі, тобто безглуздим хижацтвом?

Тому не випадковим є такий висновок С. Подолинського: якщо парова машина не зовсім вигідна навіть тепер, то в якомусь віддаленому майбутньому діяльність її буде зовсім неефективною. Науковець розуміє, що людям на той час не можна було відмовитися від неї, бо їхні потреби зростали так швидко, що їм неможливо було усунути від їх задоволення з метою заощадження для майбутнього. До того ж свідомо чи несвідомо усі плекали в глибині душі надію, що в разі крайньої скрути з'явиться якийсь новий винахід, що все врятує або хоча б відтермінує біду на невизначений час.

Дослідник робить висновок: доки люди не винайдуть такого двигуна для своїх машин, який би забезпечував їх енергією на триваліших період без страху швидкого виснаження, доти всі розрахунки суми технічної роботи, що знаходяться в розпорядженні людства, повинні вважатися помилковими, оскільки запас енергії, завдяки якому триває ця робота, може згодом виснажитися. У той же час він [12, с. 263] певною мірою виправдовує ситуацію, зауважуючи, що потреба в кам'яному вугіллі є такою очевидною, а запаси його ще такими великими і можливість нових винаходів до їхнього виснаження такою ймовірною, що люди не можуть поводитися інакше, як дотепер поводитися, тобто намагаючись по можливості збільшити свій запас перетворюваної енергії завдяки видобуванню вугілля. Історія розвитку людства підтверджує ці думки видатного вченого.

Енергія як головний чинник функціонування рослинництва та тваринництва. Сергій Подолинський [12, с. 222, 254] приходять до висновку, що всі люди, які харчуються продуктами землеробства і скотарства, задовольняють свою потребу в їжі майже виключно за рахунок енергії Сонця, введеної в обмін на поверхні Землі працею людини, адже рослини здебільшого зберігають тільки сонячну енергію.

Оскільки рослини збільшили і продовжують збільшувати запас перетворюваної енергії на земній поверхні, то вчений зазначає, що рослини – найлютіші вороги світового розсіювання енергії. Фактично у рослинах відбувається робота щодо підняття частини сонячної енергії з нижчого щабля на вищий. Водночас енергія, збережена рослинами і накопичена всередині Землі, не служить сама по собі виробництву нової, вищої енергії [12, с. 224 – 225].

Дослідник звертає увагу на збільшення продуктивності поживного матеріалу, що містить запас перетворюваної енергії на земній поверхні з часу появи людства. Так, за його розрахунками, у Франції кожна тепла одиниця, застосована у вигляді праці людини чи коня для упорядкування штучної луки, виробляє надлишок нагромадження сонячного тепла, що дорівнює 41 тепловій одиниці, а на вирощуванні пшениці – 22 теплові одиниці [12, с. 228 – 229]. Він пояснює, що цей надлишок енергії одержується з праці людини і домашніх тварин.

Розглядаючи землеробство як сферу застосування людської праці, вчений зазначає, що коли людина докладає до неї свою працю, то продуктивність десятини землі зростає в десять, двадцять і більше разів. Ефективне землеробство являє собою найкраще застосування корисної праці, тобто роботи, що збільшує збереження сонячної енергії на земній поверхні [12, с. 236]. Дослідник характеризує функціонування землеробства з енергетичної точки зору. Зокрема, він розглядає готовий запас енергії у формі насіння та запас енергії у формі добрива як передумову того, що рослинне життя спроможне здійснити те значне збереження сонячної енергії, яке є безпосередньою метою землеробства.

Але, на думку вченого, всі наступні землеробські роботи, а також переробка продукції рослинництва не лише не зберігають перетворену енергію, не лише не збільшують її кількість, що знаходиться в обміні на земній поверхні, а, навпаки, розсіюють енергію, що нагромаджена в організмі людини. Проте всі ці витрати компенсуються при споживанні того запасу перетвореної енергії, що нагромадилася в продукції рослинництва.

Дослідник підраховував, що для повернення людині сповна всієї енергії, витраченої на землеробство, збереження сонячної енергії в продукції рослинництва має перевищувати у 20 разів кількість механічної роботи людини, витраченої у цій галузі сільського господарства. У землеробстві, як і в деяких інших галузях матеріального виробництва, є досить очевидним застосування закон збільшення енергії [12, с. 260 – 261], вважав науковець.

Розглядаючи тваринництво, вчений зазначає, що праця з розведення домашніх тварин сприяє переходові збереженої рослинами енергії у вищу форму. Незважаючи на те, що ця галузь сільського господарства не супроводжується збереженням нової, зайвої кількості сонячної енергії, роль кочового життя і скотарства в розвитку праці була надзвичайно сприятливою. Він [12, с. 235] мотивує це покращенням продовольчого забезпечення людини та збереженням часу для дозвілля і спостережень. Відомо, що частина енергії йде на харч тваринам. Всі тварини більшою чи меншою мірою перетворюють частину збереженої енергії у вищу її форму, у механічну роботу, однак зробивши її, тварини знову розсіюють енергію, збережену рослинами [12, с. 225 – 226].

Вивчаючи скотарство, дослідник відзначає, що головною метою утримання худоби є використання робочих домашніх тварин як засобу збільшення можливостей людини [12, с. 261]. На думку вченого, худобу доцільно використовувати як тяглову силу з трьох причин. По-перше, робочі тварини харчуються рослинною їжею, що здебільшого не потребує ніякого особливого приготування. По-друге, економічний еквівалент більшої частини робочих тварин вищий за економічний еквівалент людини. По-третє, механічна робота людини за своїм незначним розміром просто недостатня для здійснення всіх необхідних дій.

Однак, як вважає дослідник, вигоди при розподілі енергії, що одержують за допомогою роботи домашніх тварин, не можуть бути дуже великими вже тому, що економічний еквівалент робочої худоби невеликий. На підтвердження цієї тези він наводить дані, що одна година роботи парової кінської сили коштує при роботі парової машини 3 пенси, а при роботі коней – 5½ пенса, тобто майже вдвічі більше. Крім того, домашні тварини харчуються приблизно тими самими продуктами, що й людина, тобто земля, відведена під луківництво, могла б давати їжу й людині.

Зрозуміло, зазначає далі дослідник, якби метою скотарства було єдине бажання одержати більше механічної роботи, то величезна кількість роботи худоби була б згодом змінена машинами. Та позаяк утримання домашніх тварин відбувається заради іншої мети (для одержання м'яса, шкіри, вовни, добрив й ін.), то це питання не може бути вирішене так просто. Вчений [12, с. 266 – 267] зазначає, що при споживанні м'яса не можна уникнути тих утрат, яких не можна уникнути при переході збереженої рослинами енергії Сонця в м'ясо тварин, що слугують їжею людини, а також утрат, пов'язаних із її приготуванням.

Ведучи мову про енергію, яка зберігається рослинами і тваринами в матеріалах, що слугують для їжі і виготовлення одягу, дослідник констатує, що кількість цієї енергії обмежена і знаходиться в прямій залежності від якісних характеристик рослин, перебуває в залежності від кількості людської праці, докладеної до землеробства. І робить висновок: якщо обсяги механічної роботи постійно зростатимуть, то й обсяги рослинництва можуть постійно збільшуватися [12, с. 274 – 275].

Вчений звертає увагу на інший засіб збільшення поживних речовин у відношенні, пропорційному до застосованої механічної роботи: це безпосередній синтез речовин, що слугують людям їжею, з неорганічних елементів, які їх складають. Його підрахунки [12, с. 275] засвідчили, що синтетичне одержання поживних речовин за допомогою сонячної енергії дозволяє зберегти півтори кінських сил потужності двигуна на кожну людину. Науковець робить висновок, що застосування сонячної енергії в ролі безпосереднього двигуна і приготування поживних речовин із неорганічних матеріалів є головними питаннями, що стоять на черзі для продовження найвигіднішого накопичення енергії на землі [12, с. 282].

Праця людини як засіб накопичення енергії. Аналізуючи погляди Ф. Кене, А. Сміта, Ж. Сімонді, Д. Стюрта, Сергій Подолинський [12, с. 252] вказує, що метою праці є задоволення потреб.

Під потребою він розуміє усвідомлене прагнення до обміну енергії між організмом людини і зовнішньою природою. Дослідник підсумовує: праця є тим проявом енергії людського організму, за допомогою якого він добуває ту кількість енергії, якої без його втручання бракує в природі для обмінів, потрібних людині.

На думку Подолинського, праця – це таке споживання механічної і психічної роботи, нагромадженої в організмі, що призводить до збільшення кількості перетвореної енергії на земній поверхні. Збільшення її, зазначає він, може відбуватися двома шляхами: безпосередньо – через перетворення нової кількості сонячної енергії в більш перетворену форму, або посередньо – через збереження від розсіювання, якого неможливо уникнути без втручання праці, певної кількості перетвореної енергії, що вже існує на земній поверхні. Дослідник [12, с. 229 – 230] доводить, що наведені ним випадки прояву механічної роботи в неорганічному світі (тобто вітри, водяні течії, припливи) без втручання людини при споживанні своєї механічної роботи ніколи не переводять сонячну енергію в більш перетворену форму і ніколи не запобігають розсіюванню вищих форм енергії. Тільки в тому разі нагромаджена рослинами енергія йде на підняття нової кількості енергії на вищий щабель, коли запас цей входить до складу їжі робочої тварини чи людини або ж слугує паливом для машини.

Вчений вважає, що фізичну роботу не варто змішувати з корисною працею. Він вказує [12, с. 234]: дикун працював багато, але його робота майже не була корисною працею, тому що дикун дуже мало збільшував запас перетвореної енергії на земній поверхні. Навпаки, робітник, який керує паровим плугом або жнивarkою, зовсім мало напружує свої м'язи порівняно з корисністю своєї праці, у розумінні збільшення загального запасу енергії. Науковець зазначає, що продуктивність праці людини збільшується в міру зменшення її економічного еквівалента, із розвитком її потреб більша частина їх задовольняється працею. Продуктивність праці людини значно збільшується завдяки використанню цієї праці на перетворення нижчих видів енергії у вищі, наприклад, застосуванню робочої худоби, машин та інше [12, с. 281 – 282].

Подолинський, розглядаючи тіло людини, подане як термічну машину, підрахував, що економічний еквівалент людської машини (тобто величина відсотка тепла, перетвореного в механічну роботу) складає 1/5 [12, с. 238 – 239]. Зважаючи на те, що люди в середньому витрачають на їжу близько половини своїх прибутків, то житло, одяг, задоволення нематеріальних потреб складають разом іншу половину їхніх витрат.

Дослідник доходить висновку, що коли економічний еквівалент людського організму, розрахований за кількістю вживаної їжі чи вдихуваного кисню, дорівнює 1/5, то цей еквівалент слід знизити до 1/10, оскільки частину свого життя людина проводить непродуктивно, наприклад, у дитинстві, старості чи хворіючи і т. ін. [12, с. 246]. Підсумовуючи цю проблему, вчений констатує: людина володіє певним економічним еквівалентом, що зменшується в міру того, як потреби людини зростають [12, с. 281].

Аналізуючи різноманітні потреби людини, науковець доходить висновку, що кількість праці і зумовлене нею збільшення обміну енергії на земній поверхні повинні постійно зростати не лише тому, що кількість населення зростає, а також і тому, що енергетичний бюджет кожної людини збільшується. Сучасна людина повинна заощаджувати в десять разів більше, а в майбутньому, можливо, їй доведеться зберігати й у 12 – 15 разів більше [12, с. 255].

Подолинський застосовує такий термін, як “розкрадання енергії”, під яким розуміє явища, протилежні праці, всі дії людей, що призводять до зменшення цього бюджету, збільшення розсіювання енергії завдяки певним діями людей. Так, вважає дослідник, війна з усіма її атрибутами, тобто регулярними військами, військовими флотами, арсеналами й ін., – є не чим іншим, як розкраданням енергії, що є в розпорядженні людства. На його думку особливим видом розкрадання енергії є виробництво предметів розкоші й непродуктивне споживання [12, с. 276, 280].

Науковець стверджує, що вдосконалення людського життя має полягати головним чином у кількісному збільшенні енергетичного бюджету кожної людини, а не лише в якісному перетворенні нижчої енергії у вищу. Тож тільки суспільство з прагненням до швидкого нагромадження енергії може швидко йти вперед. Застій у цьому разі майже рівнозначний розсіюванню нагромадженої енергії, бо суспільне життя без розвитку втрачає всяку ціну і всякий сенс існування. Тому вчений [12, с. 281 – 282] вважає головною метою людства в праці повинно бути абсолютне збільшення енергетичного бюджету.

Отже, у своїй фундаментальній праці Сергій Подолинський звертає увагу на необхідність підвищення ефективності використання основних на той час видів палива – вугілля та деревини, адже заради одержання останнього нещадно вирубувалися ліси, що призводило до погіршення екологічної ситуації. Історія, на наш погляд, підтвердила доцільність реалізації більшості ідей Подолинського, зокрема, екобезпечного та економічно ефективного енерговиробництва шляхом використання енергії сонця, вітру, гідроресурсів малих рік, геотермальної енергії, відходів рослинництва і тваринництва, біопалива тощо, що складає основу сучасних уявлень про низьковуглецеву економіку.

**ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ  
ТА ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ:  
ЕКОНОМІЧНИЙ, ТЕХНІКО-  
ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ТА  
ЕКОЛОГІЧНИЙ  
АСПЕКТИ**

**Колективна монографія**

**Полтава  
2019**

УДК 330  
Е 65



*Рекомендовано до друку вченою радою Полтавської державної аграрної академії (Україна) (протокол № 17 від 15.05.18 р.).  
Рекомендовано до друку вченою радою Опольського університету (Польща) (протокол № 01/05/2018 від 28.05.18 р.).*

**Рецензенти:**

С. В. Іванов – член-кореспондент НАН України, заслужений діяч науки і техніки України, доктор економічних наук, професор, завідувач кафедри фінансів і маркетингу ДВНЗ “Придніпровська державна академія будівництва та архітектури”.

В. І. Гавриш – доктор економічних наук, професор, завідувач кафедри тракторів та сільськогосподарських машин, експлуатації і технічного сервісу Миколаївського державного аграрного університету.

О. В. Семко – доктор технічних наук, професор, лауреат Державної премії України в галузі науки і техніки, академік Академії будівництва України, завідувач кафедри архітектури та міського будівництва Полтавського національного технічного університету імені Юрія Кондратюка.

В. Л. Курило – доктор сільськогосподарських наук, професор, член-кореспондент НААН, професор кафедри сільськогосподарських машин Вінницького аграрного університету.

Даріуш Сушанович – кандидат технічних наук, заступник директора Інститута технічних наук Опольського університету.

**Енергоефективність та енергозбереження: економічний, техніко-технологічний та екологічний аспекти:** колективна монографія / Кол. авторів; за заг. ред. П. М. Макаренка, О. В. Калініченка, В. І. Аранчій. Полтава : ПП “Астра”, 2019. 603 с.

У монографії викладено теоретико-методологічні засади та методичні й практичні рекомендації енергоефективності і енергозбереження на національному, галузевому, регіональному рівнях і на підприємствах за видами економічної діяльності. Охоплено питання розвитку енергетичної безпеки ринково розвинених країн і України, використання нетрадиційних відновлювальних і альтернативних джерел енергії. Запропоновано організаційно-економічні, технологічні, технічні та екологічні рішення подальшого розвитку енергоефективності й енергозбереження. Сформовано пропозиції щодо економічної та енергетичної оцінки та ефективності використання теплових, механічних, біологічних і природних джерел енергоресурсів, їх енергетичного аудиту і консалтингу в господарській та галузевій структурі національної економіки.

Розрахована на здобувачів вищої освіти, викладачів, науковців, фахівців з енергоефективності і енергозбереження різних форм і напрямів економічної діяльності.

ISBN 978-617-7669-24-0

**Energy efficiency and energy saving: economic, technical, technological and ecological aspects:** collective monograph / Authors edited: P. M. Makarenko, O. V. Kalinichenko, V. I. Aranchii. – Poltava : PC “Astraya”, 2019. – 603 p.

The collective monograph outlines theoretical and methodological researches, and practical aspects of implementing the energy efficiency and energy saving technologies at national and regional levels and certain enterprises and branches of economic activity. The peculiarities of the global energy supply development and the prospects of renewable energy sources' implementation are revealed, the methodological and practical concepts of efficient energy consumption are proposed. The theoretical concepts and propositions provided, allow conducting a complex estimation of various technologies and technological processes in different branches of the national economy of Ukraine. The ways of optimizing the energy consumption, and its influence on the development of national economy, the ecological state of the territories, and forming the technical and technological levels of management are investigated.

The materials of this collective monograph may be useful to scholars, applicants of higher education, teachers of higher educational establishments, as well as public authorities, specialists and managers of business entities.

ISBN 978-617-7669-24-0

© ПДАА

© Колектив авторів, 2019



## ЗМІСТ

|                                |   |
|--------------------------------|---|
| <b>УМОВНІ ПОЗНАЧЕННЯ</b> ..... | 7 |
|--------------------------------|---|

|                        |   |
|------------------------|---|
| <b>ПЕРЕДМОВА</b> ..... | 9 |
|------------------------|---|

### **РОЗДІЛ 1. ЕНЕРГЕТИЧНА БЕЗПЕКА: ДОСВІД РИНКОВО-РОЗВИНЕНИХ КРАЇН, СТАН ТА ПЕРСПЕКТИВИ УКРАЇНИ**

|   |    |
|---|----|
| 1.1. Енергетична безпека ринково-розвинених країн: державна політика та інструменти регулювання енергоефективності .....                | 11 |
| 1.2. Енергетична безпека країни: світовий досвід та вітчизняні реалії.....  | 15 |
| 1.3. Перспективи та проблеми гармонізації енергетичного законодавства України зі стандартами Європейського Союзу .....                  | 18 |
| 1.4. Енергетична безпека України в умовах євроінтеграції: проблеми та перспективи.....  | 24 |
| 1.5. Енергетична концепція Сергія Подолинського у контексті розвитку низьковуглецевої економіки....                                     | 30 |
| 1.6. Оцінка сучасного стану енергетичної безпеки у світі .....  | 36 |
| 1.7. Оцінка сучасного стану паливно-енергетичного комплексу та енергетичної безпеки України ....  | 40 |
| 1.8. Оцінки кластерних ініціатив в контексті забезпечення енергетичної безпеки соціально-економічних систем.....                        | 45 |
| 1.9. Ретроспективний аналіз підходів до енергетичного планування на місцевому рівні .....   | 51 |
| 1.10. Передумови енергетичної бідності в контексті трансформації взаємовідносин на енергетичному ринку.....                             | 59 |
| 1.11. Соціо-енерго-еколого-економічна система промислового регіону: аспекти енергетичної безпеки ..                                     | 62 |
| 1.12. Енергозберігаюча стратегія завдяки економному використанню енергоресурсів при проведенні досліджень продуктивних свердловин ..... | 69 |
| 1.13. Перспективні напрямки реалізації енергетичної безпеки України.....  | 72 |
| 1.14. Напрями забезпечення енергетичної безпеки України .....   | 80 |

### **РОЗДІЛ 2. ВИКОРИСТАННЯ НЕТРАДИЦІЙНИХ ВІДНОВЛЮВАЛЬНИХ ТА АЛЬТЕРНАТИВНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ**

|   |     |
|---|-----|
| 2.1. “Зелена” енергетика як провідна ланка “зеленої” економіки: досвід Європейського Союзу .....                                | 85  |
| 2.2. Потенціал відновлюваних джерел енергії в Україні.....  | 92  |
| 2.3. Відновлювальні джерела енергії та їх вплив на збалансований сталий розвиток господарського комплексу регіонів України..... | 97  |
| 2.4. Економічна оцінка використання відновлюваних джерел енергії .....  | 104 |
| 2.5. Відновлювальні джерела енергії: тенденції розвитку, інвестиції, smartgrid .....  | 107 |
| 2.6. Використання відновлюваних джерел енергії в Україні .....  | 113 |
| 2.7. Аналіз потенціалу відновлюваних джерел енергії на територіях непридатних для сільськогосподарського виробництва.....       | 116 |
| 2.8. Використання біомаси в енергетичних цілях (досвід Польщі).....   | 120 |

|   |     |
|---|-----|
| 2.9. Стале виробництво твердого біопалива в Україні. Галузеві рішення.....  | 124 |
| 2.10. Перспективні напрями використання відновлюваної енергетики у сільському господарстві України                                  | 130 |
| 2.11. Створення енергоефективних технологій очищення стічних вод з одночасним одержанням енергоносіїв в біопаливних елементах ..... | 136 |
| 2.12. Біогаз: основні властивості, стан та перспектива виробництва біогазу.....   | 143 |
| 2.13. Обґрунтування проекту створення біоенергетичного селища на території України .....  | 150 |
| 2.14. Шляхи енергозбереження при забезпеченні мікроклімату учбових приміщень .....  | 155 |

### **РОЗДІЛ 3. ОЦІНКА, ЕНЕРГЕТИЧНИЙ АУДИТ ТА ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНІ АСПЕКТИ РОЗВИТКУ ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ І ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ**

|   |     |
|---|-----|
| 3.1. Класифікація видів енергії в процесі виробництва продукції рослинництва .....  | 167 |
| 3.2. Особливості енергоспоживання в рослинництві .....  | 171 |
| 3.3. Методика оцінки енергетичної ефективності виробництва продукції рослинництва .....   | 177 |
| 3.4. Методичні підходи до еколого-економічної оцінки збитків від деградації земель з врахуванням основних факторів енергоемності їх родючості .....                   | 180 |
| 3.5. Впровадження енергоощадних технологій вирощування сільськогосподарських культур .....  | 188 |
| 3.6. Енергозабезпечення і енергоефективність галузі тваринництва та кормовиробництва.....   | 193 |
| 3.7. Оцінка енергетичної ефективності робочих машин поточкових ліній очищення зерна .....   | 201 |
| 3.8. Енергетична оцінка матеріальних активів .....  | 206 |
| 3.9. Оптимізація енергопостачання технічної енергетичної системи з використанням рангового аналізу .....  | 211 |
| 3.10. Розширення ралівної бази дизелів шляхом застосування газодизельного циклу.....  | 216 |
| 3.11. Перспективи розвитку об'єднання співвласників багатоквартирного будинку для забезпечення енергоефективного використання енергоресурсів домогосподарствами ..... | 222 |
| 3.12. Особливості забезпечення надійності електропостачання споживачів у ринкових умовах на регіональних електроенергетичних ринках .....                             | 229 |
| 3.13. Консалтинг енергоефективності.....  | 234 |
| 3.14. Теоретичні засади аналізу енергетичної та екологічної ефективності металургійних підприємств в Україні.....   | 238 |
| 3.15. Оцінка конкурентних позицій підприємств, діючих на оптовому енергоринку України .....   | 242 |
| 3.16. Інвестиційні та виробничі аспекти енергетичного контролінгу .....   | 248 |
| 3.17. Перспективи застосування енергетичного аудиту в аграрних підприємствах .....  | 252 |
| 3.18. Ефективність провадження енергоефективних заходів в аспекті техніко-економічного оцінювання ..  | 258 |
| 3.19. Використання енергозберігаючих технологій як механізм підвищення рівня економічної безпеки в сільськогосподарських підприємствах .....                          | 262 |
| 3.20. Структуризація методів фінансування проектів у сфері енергозбереження: український вимір ...  | 265 |
| 3.21. Формування системи оцінювання стимулювання персоналу в контексті дослідження поведінки агентів з питань з енергозбереження .....                                | 271 |
| 3.22. Інституційні та економічні аспекти основних напрямів досліджень в області енергоефективності.   | 276 |
| 3.23. Енергоефективність та енергозбереження в Україні: регіональні аспекти .....   | 280 |
| 3.24. Промислова політика енергозбереження та енергоефективності на засадах сталого розвитку та економічного націоналізму.....  | 283 |
| 3.25. Використання засобів маркетингу у стимулюванні енергозбереження та енергоефективності...  | 287 |

|   |     |
|---|-----|
| 3.26. Енергозбереження як основний індикатор управління інвестиційною привабливістю підприємств машинобудування.....            | 294 |
| 3.27. Підвищення енергоефективності економіки України за рахунок зниження енерговитрат в житлово-комунальному господарстві..... | 298 |
| 3.28. Управління відтворенням біоенергетичних ресурсів у сільському господарстві.....   | 301 |

## **РОЗДІЛ 4. ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧІ ТЕХНОЛОГІЇ ТА ОЦІНКА БІОЕНЕРГЕТИЧНОГО ПОТЕНЦІАЛУ В ГАЛУЗЯХ І ГОСПОДАРСЬКІЙ СТРУКТУРІ НАЦІОНАЛЬНОЇ ЕКОНОМІКИ**

|   |     |
|---|-----|
| 4.1. Енергозберігаючі аспекти органічного землеробства.....   | 304 |
| 4.2. Енергозберігаючі технології виробництва цукру.....   | 308 |
| 4.3. Енергозберігаючі технології та технічні рішення при виробництві капсульовано-гранульованих мінеральних добрив.....                               | 316 |
| 4.4. Енергозберігаюча технологія виробництва добрива-меліоранта зі шламових відходів підприємств теплоенергетики.....                                 | 322 |
| 4.5. Енергозберігаюча система обробітку ґрунту на базі електрифікованого мотоблоку.....   | 327 |
| 4.6. Ефективність використання індукційного нагріву в області металообробки.....  | 335 |
| 4.7. Інтенсифікація теплообмінних процесів акустичним методом.....  | 342 |
| 4.8. Удосконалення енергоощадних технологій виготовлення алюмінієвих сплавів.....   | 347 |
| 4.9. Оцінка біоенергетичного потенціалу регіонів України (на прикладі Полтавської області).....   | 352 |
| 4.10. Використання побічної продукції, відходів і залишків сільського господарства для виробництва твердих біопалив.....                              | 358 |
| 4.11. Вирощування енергетичних культур для виробництва твердих біопалив та теплової енергії. Енергетичний, екологічний та економічний аспекти.....    | 368 |
| 4.12. Динаміка зміни органічного вуглецю ґрунту при вирощуванні енергетичних культур: наслідки для залишків парникових газів та родючості ґрунту..... | 376 |
| 4.13. Економічна і енергетична ефективність технологічних заходів при вирощуванні кукурудзи та сорго цукрового для виробництва біогазу.....           | 380 |
| 4.14. Вплив умов вирощування та біометричних показників рослин проса прутоподібного на урожайність і вихід біопалива.....                             | 385 |
| 4.15. Сортова специфіка сої та потенціал їх рослинних решток.....   | 395 |
| 4.16. Організація формування й перспективи використання біоенергетичного потенціалу підприємств агробізнесу.....                                      | 398 |

## **РОЗДІЛ 5. ТЕХНІЧНІ РІШЕННЯ В ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННІ ТА ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ**

|   |     |
|---|-----|
| 5.1. Перетворення вітрової енергії безпосередньо в теплоту.....   | 401 |
| 5.2. Теплонасосна технологія.....   | 407 |
| 5.3. Когенераційна технологія перетворення енергії вітру.....   | 411 |
| 5.4. Технології використання сонячної енергії для ПДГ.....  | 418 |
| 5.5. Енергетичні витрати та обґрунтування параметрів жолоба робочих русел комбінованого очисника вороху цукрових буряків..... | 426 |
| 5.6. Традиційні тверді біопалива.....   | 436 |
| 5.7. Альтернативні біопаливні матеріали: опале листя та композити на основі твердих рослинних відходів.....                   | 437 |

|   |     |
|---|-----|
| 5.8. Експериментальні дослідження виготовлення пелет з опалого листя у відкриту матрицю.....  | 438 |
| 5.9. Експериментальне дослідження виготовлення біопалива з опалого листя, рослинних відходів та композитів на їх основі в закритій матриці..... | 441 |
| 5.10. Удосконалена технологія виготовлення матриць пелетоутворюючих пресових пристроїв .....  | 447 |
| 5.11. Приклад визначення витрати композитного біопалива у газогенераторі автономної енергетичної установки.....                                 | 451 |

## **РОЗДІЛ 6. ЕКОЛОГІЧНІ ВИМОГИ ТА ЇХ ВИРІШЕННЯ В ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННІ ТА ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ**

|   |            |
|---|------------|
| 6.1. Екологічні витрати та енергозбереження: облікові аспекти .....   | 454        |
| 6.2. Роль біомаси для досягнення глобальних та національних цілей зі зниження викидів парникових газів .....  | 457        |
| 6.3. Забезпечення екологічних вимог при виробництві енергії з біомаси .....   | 463        |
| 6.4. Енергетичні властивості біомаси та економічна ефективність виробництва теплової енергії ...  | 469        |
| 6.5. Аналіз впливу впровадження міжнародних екологічних обмежень на енергоефективність у розрізі галузевої структури національної економіки .....               | 475        |
| 6.6. Екологічні аспекти спалювання низькокалорійних органічних палив .....  | 483        |
| 6.7. Екологічні аспекти сільськогосподарського виробництва .....  | 489        |
| 6.8. Екологічні аспекти використання біогазового потенціалу твердих побутових відходів.....   | 494        |
| 6.9. Використання концентрованих відходів тваринницьких ферм для отримання біогазу .....  | 499        |
| 6.10. Підвищення енергетичної ефективності шляхом ресурсозбереження.....  | 505        |
| 6.11. Енергоефективність та екологізація логістичної діяльності .....   | 510        |
| 6.12. Інноваційні технології ресурсозбереження в технологіях очищення забрудненого водного середовища.....  | 516        |
| 6.13. Високоєфективні системи енергозабезпечення з когенераційно-теплонасосними установками: енергетичний, економічний та екологічний аспекти ефективності..... | 524        |
| 6.14. Еколого-економічні системи опалення.....  | 531        |
| 6.15. Математична модель аналізу матеріальних потоків міського середовища.....  | 536        |
| 6.16. Відходи вуглевидобутку та вуглезбагачення стан та технології використання .....   | 544        |
| <b>ПІСЛЯМОВА.....</b>   | <b>551</b> |
| <b>СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....</b>  | <b>553</b> |